

## МАГНИТОСТРАТИГРАФИЯ КАМПАНА—МАОСТРИХТА ПО РАЗРЕЗАМ ПОВОЛЖЬЯ (вблизи г. Вольск)

А.А. Гужикова, **В.Н. Беньямовский\***

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,  
410012, Саратов, ул. Астраханская, 83, Россия*

*\* Геологический институт РАН, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, Россия*

Впервые проведено палеомагнитное и петромагнитное изучение карбонатного кампана—маастрихта (сенгилеевская, карсунская и радищевская свиты) в карьерах Большевик и Коммунар вблизи г. Вольск Саратовской области. В результате магнитных чисток выделены характеристические компоненты, соответствующие как нормальной, так и обратной полярности, для которых тест обращения положительен. По сенгилеевской свите и низам карсунской рассчитаны координаты палеомагнитных полюсов, статистически неотличимые от разновозрастных стандартных полюсов для стабильной Европы, и построены магнитополярные колонки разрезов, в которых идентифицированы аналоги известных магнитных хронов 33r, 32n2, 32n1, 31r. В слабомагнитных верхах карсунской свиты и радищевской свите, несмотря на ряд пропусков в определениях полярности, намечены магнитозоны преимущественно обратной и преимущественно нормальной полярности, отвечающие верхам хрона 31r и совокупности хронов 31n–30n соответственно. Петромагнитные данные способствуют индивидуализации подошвы радищевской свиты и служат индикатором отложений, обогащенных космогенным веществом.

*Палеомагнетизм, магнитостратиграфия, кампан, маастрихт, космогенное вещество, Поволжье.*

## THE CAMPANIAN–MAASTRICHTIAN MAGNETOSTRATIGRAPHY OF THE VOLGA REGION (vicinity of Volsk town)

A.A. Guzhikova and **V.N. Ben'yamovskii**

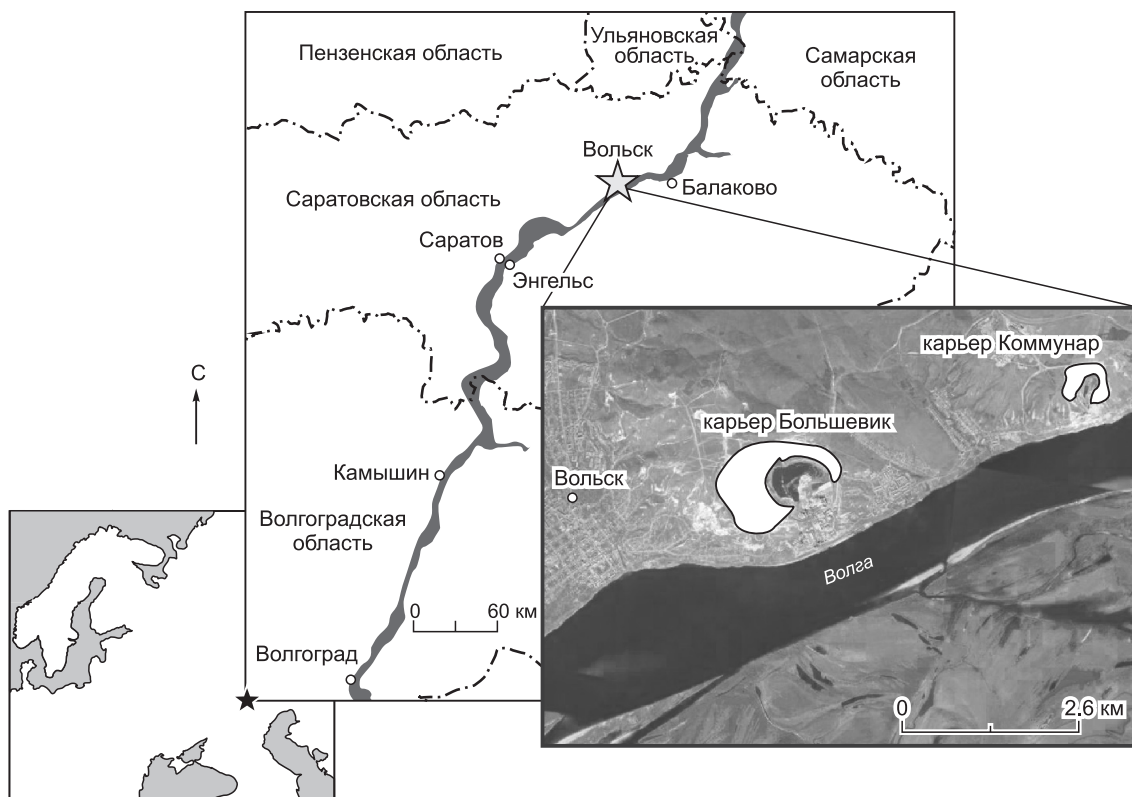
Paleomagnetism and rock magnetism have been studied for the first time in Campanian–Maastrichtian carbonate deposits (Sengilei, Karsun, and Radishchev Formations) from the Bolshevik and Kommunar quarries near the town of Volsk (Saratov area, Volga region). Characteristic components of normal and reverse polarity were detected in samples demagnetized in the alternating field, and positive results of the reversal test were obtained. The virtual geomagnetic pole wander paths calculated for the Sengilei Formation and lower Karsun Formation rocks showed statistical similarity to those for stable Europe of the respective age. The magnetostratigraphic zones revealed in the Bolshevik and Kommunar sections were correlated to chrons 33r, 32n2, 32n1, and 31r of the geomagnetic polarity time scale. The magnetic zones of predominantly reverse and normal polarity detected, though discontinuously, in the low magnetic uppermost Karsun Formation and in the Radishchev Formation correspond to the top of chron 31r and joint chrons 31n and 30n, respectively. Rock magnetic data help identifying deposits rich in cosmogenic metal particles and provide stratigraphic constraints on the Radishchev Formation base.

*Paleomagnetism, magnetostratigraphy, Campanian, Maastrichtian, cosmogenic particle, Volga region*

## ВВЕДЕНИЕ

Верхнемеловые отложения Вольского района изучаются более века, но по-прежнему привлекают к себе внимание ученых. Они великолепно обнажены в серии карьеров по добыче цементного сырья, богаты разнообразной макрофауной (белемниты, двустворки, ежи, аммониты, брахиоподы) и микрофаунистическими комплексами (нанопланктон, планктонные и бентосные фораминиферы (БФ)) [Олферьев и др., 2009а,б, 2014]. Несмотря на многолетнюю историю изучения, палео- и петромагнитные данные по этим разрезам, необходимые для решения многих практических (совершенствование местных стратиграфических схем и серийных легенд геологических карт нового поколения) и фундаментальных задач стратиграфии (проведение изохронных межрегиональных корреляций и калибровки зональных шкал разных палеобиогеографических провинций), до последнего времени отсутствовали.

В рамках проекта РФФИ № 12-05-00196-а «Проблема глобальной корреляции стратиграфических границ терминального мела (кампан—маастрихт Евразии)», целью которого являлась детальная боре-



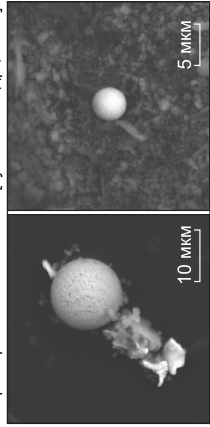
**Рис. 1.** Схема расположения разрезов.

ально-тетическая корреляция пограничного интервала кампана—маастрихта и определение положения подошвы маастрихтского яруса в разрезах Русской плиты по аналогии с «золотым гвоздем» (GSSP) в Терсисе (Франция) [Odin, Lemaire, 2001], большим коллективом геологов из Саратовского, Московского университетов и Геологического института РАН проводились комплексные (био-, магнитостратиграфические, литолого-минералогические и изотопные) исследования опорных разрезов кампана—маастрихта юго-востока Русской плиты [Гужиков и др., 2014]. На севере Саратовского Правобережья палеомагнитным исследованиям были подвергнуты карьеры по добыче цементного сырья Большевик ( $52^{\circ}03'16''$  с.ш.,  $47^{\circ}25'31''$  в.д.) и Коммунар ( $52^{\circ}04'25.7''$  с.ш.,  $47^{\circ}30'10''$  в.д.) на северной окраине г. Вольск на расстоянии  $\approx 5$  км друг от друга (рис. 1). Полевое изучение карьеров Большевик и Коммунар проводилось в 2012—2014 гг. Пробы на разные виды анализов отбирались по системе образец в образец параллельно с геологическим описанием разреза и послынными сборами макрофауны. При опробованной мощности кампана—маастрихта около 70 м в Большевике и 55 м в Коммунаре из этих разрезов были взяты ориентированные штупы для палеомагнитных исследований со 122 и 74 стратиграфических уровней соответственно (рис. 2).

### СТРОЕНИЕ РАЗРЕЗОВ

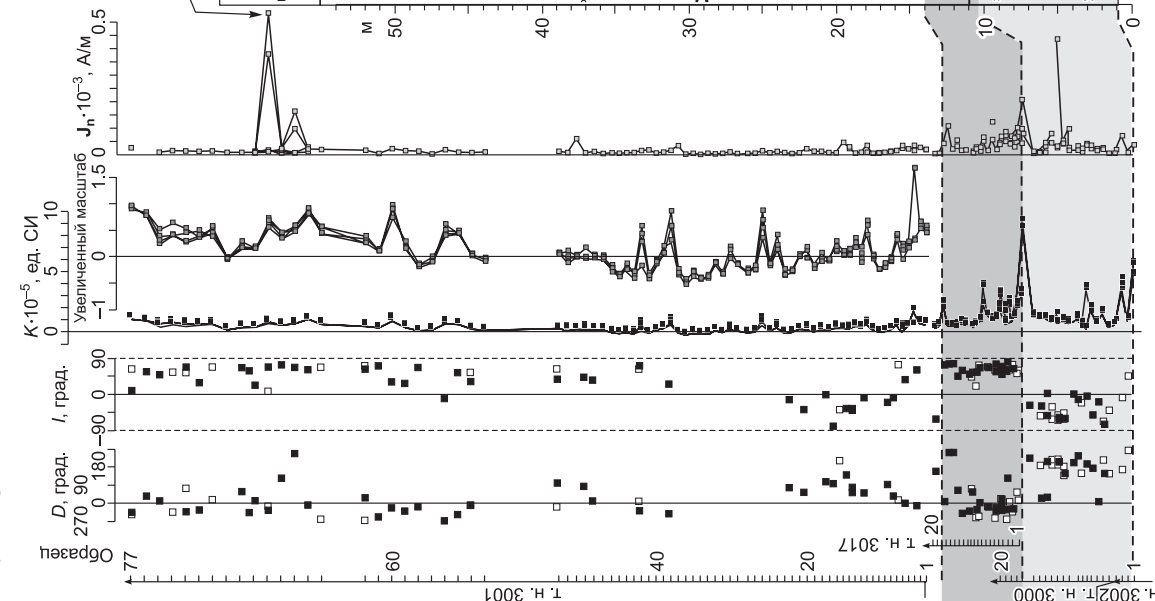
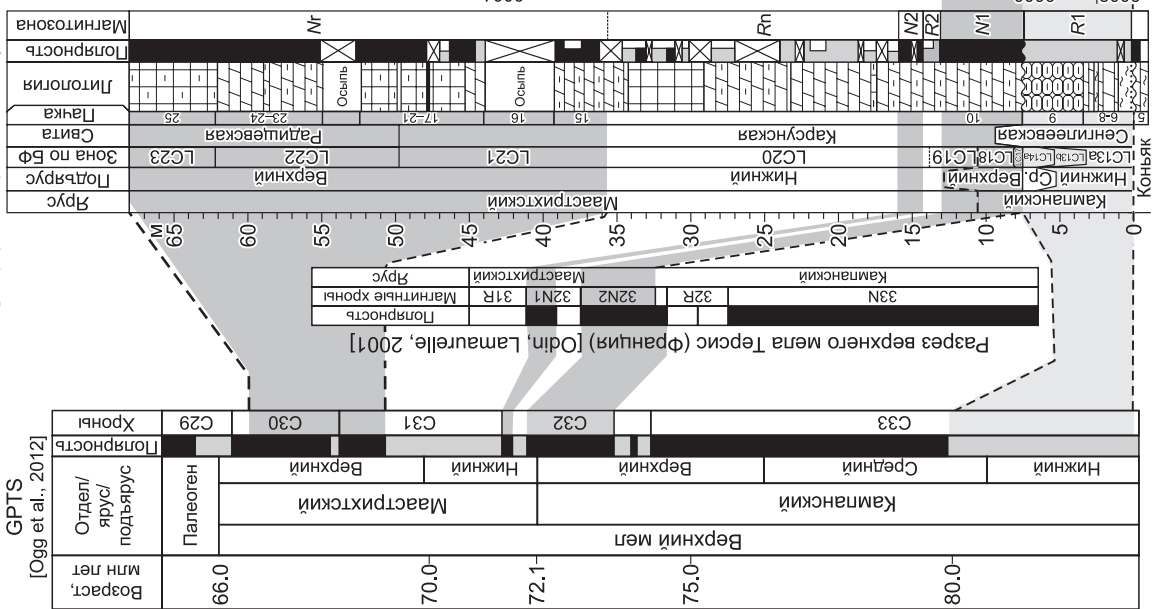
В работах А.Г. Олферьева с соавторами [2009а,б, 2014] содержится подробная история изучения верхнемеловых отложений Вольска и наиболее полное детальное описание разреза верхнего мела разреза Большевик. Ниже приведена только краткая характеристика главных особенностей литологического строения и стратиграфии изученных нами разрезов.

Верхнемеловая толща Вольска суммарной мощностью около 100 м сложена исключительно карбонатными породами (мелоподобными мергелями и писчим мелом, в различной степени обогащенных глинистым материалом), без признаков углового несогласия, залегающими на черных глинах альба (парамоновская свита) и перекрывающихся опоками палеоцена (сызранская свита). Кампану—маастрихту соответствуют сенгилеевская, карсунская и радищевская свиты (см. рис. 2). Сенгилеевская свита (мощностью 7.5 м в Большевике и 9.0 м в Коммунаре) имеет четко выраженные границы: ее основание маркируется фосфоритовым горизонтом, а кровля так называемого «узловатого мела» (флазерных известняков), слагающего верхи сенгилеевской свиты, резко контрастирует с вышележащими мергелями (см. рис. 2). Подошва радищевской свиты определяется по прослою «глинистого до мелоподобного зелено-

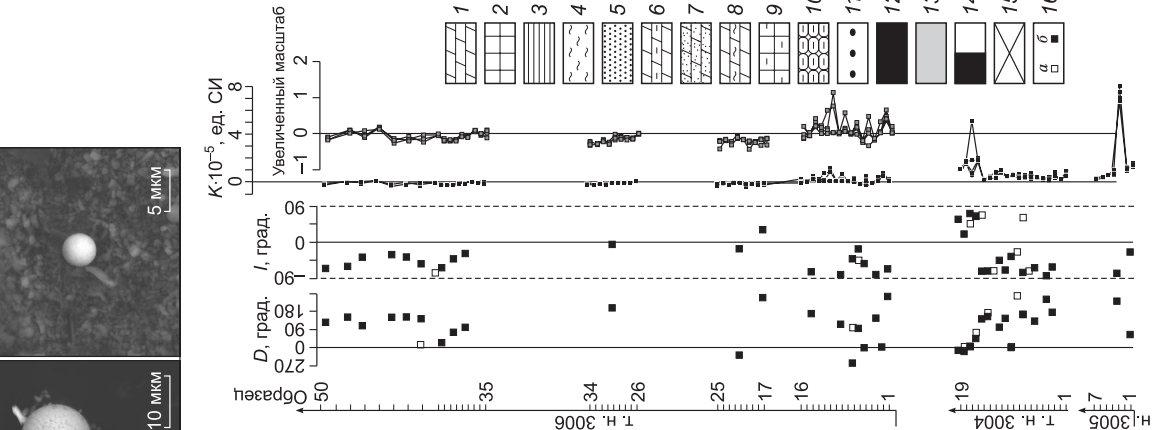
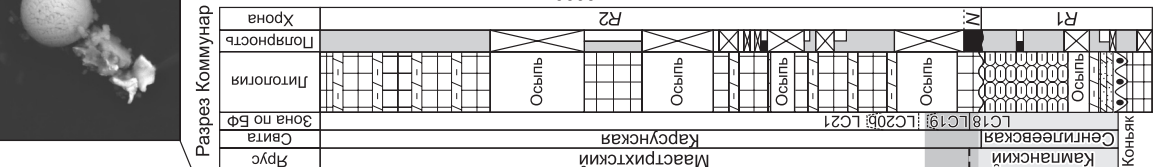


[Олферьев и др., 2009 а, б; Гужиков и др., 2014]

Разрез Большевик



Разрез Коммунар



1 — мергель, 2 — мел, 3 — глина, 4 — алевритистый материал, 5 — песчаный материал, 6 — мергель глинистый, 7 — мергель песчаный, 8 — мергель алевритистый, 9 — мел глинистый, 10 — «узловатый мел» (лазерные известняки), 11 — фосфорит, 12 — прямая полярность, 13 — обратная полярность, 14 — полярность, определенная по палеомагнитным данным низкого качества, 15 — отсутствие данных о полярности, 16 — результаты компонентного анализа после измерений на JR-6 (a) и 2G-Enterprises (SQUID) (б); т.н. — точка наблюдения.

вато-серого мергеля с фораминиферами зоны *Brotzenella praeacuta* — *Hanzawaia ekblomi*» [Стратиграфическая схема ..., 2004]. Количество подобных глинистых прослоев внутри карбонатной толщи (видимой мощностью около 60 м в Большевику), заключенной между сенгилеевской и сызранской свитами, исчисляется десятками, поэтому визуальная идентификация (без привлечения микрофаунистических данных) границы между карсунской и радищевской свитами весьма затруднительна.

Сенгилеевская свита принадлежит нижнему кампану, низы карсунской свиты относятся к верхам кампана, но ее большая часть отвечает нижнемаастрихтскому подъярису, радищевская свита соответствует верхнему маастрихту. Возраст свит обоснован как макро-, так и микрофаунистическими данными (белемниты, аммониты, двустворки, морские ежи, бентосные фораминиферы, нанопланктон) [Олферьев и др., 2009а,б; Гужиков и др., 2014]. В карьере Коммунар, вероятно, не представлена радищевская свита. В остальном разрезы Большевик и Коммунар являются практически полными аналогами и в литологическом, и в палеомагнитном, и в петромагнитном смыслах. Залегание пластов в целом субгоризонтальное, хотя в обоих разрезах (особенно в Коммунаре) присутствуют оползневые деформации, возникшие, вероятно, во время активных неотектонических поднятий территории.

### МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Петромагнитные и магнитоминералогические исследования включали измерения магнитной восприимчивости ( $K$ ), естественной остаточной намагниченности ( $J_n$ ), опыты магнитного насыщения и дифференциальный термомагнитный анализ (ДТМА). Измерения  $K$  велись на приборе МФК1-FB (каппа-бридж),  $J_n$  — на спин-магнитометре JR-6 и криогенном магнитометре (SQUID, СКВИД) 2G-Enterprises (ИФЗ РАН, г. Москва), для ДТМА использовался термоанализатор фракций ТАФ-2 (магнитные весы).

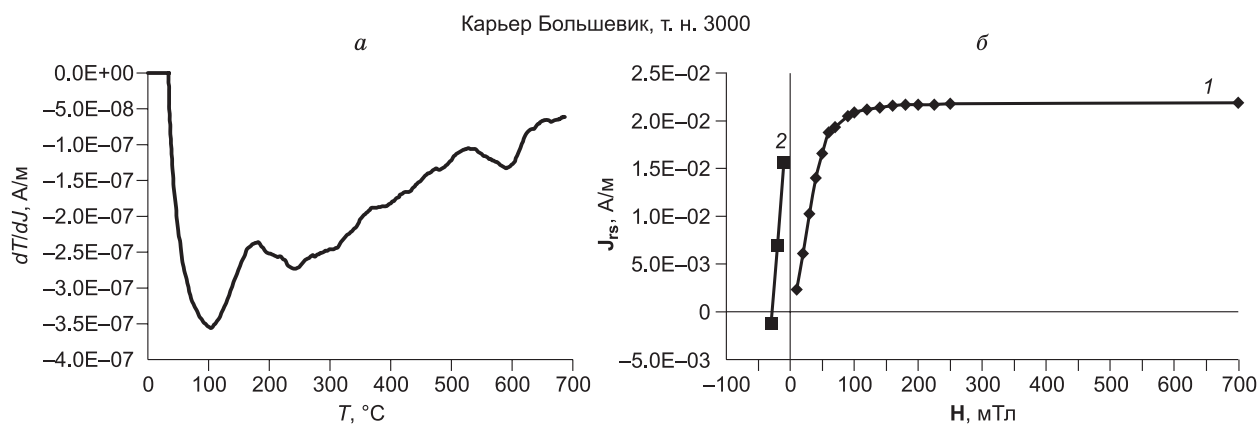
Изученные отложения оказались чрезвычайно слабомагнитны, а зачастую диамагнитны. Магнитная восприимчивость ( $K$ ) варьирует от  $-0.54 \cdot 10^{-5}$  до  $1 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ, за исключением низов разреза (сенгилеевская свита и низы карсунской), где она достигает  $(5-10) \cdot 10^{-5}$  ед. СИ; естественная остаточная намагниченность ( $J_n$ ), за редкими исключениями, не превышает  $(0.10-0.27) \cdot 10^{-3}$  А/м (рис. 2) [Гужикова, Багаева, 2013].

Несмотря на малые величины петромагнитных параметров, их вертикальные распределения обнаруживают отчетливые закономерности (рис. 2).

В обоих разрезах сенгилеевская свита выделяется максимальными значениями магнитной восприимчивости (до  $3.9 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ) и намагниченности (до  $0.43 \cdot 10^{-3}$  А/м). К кровле свиты приурочен аномальный всплеск  $K$  и  $J_n$  (до  $9.3 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ и  $0.21 \cdot 10^{-3}$  А/м соответственно), очевидно, связанный с повышенной концентрацией ферромагнитных частиц в зоне перерыва. Низы карсунской свиты слабомагнитны, но характеризуются положительными значениями магнитной восприимчивости (до  $(4-5) \cdot 10^{-5}$ ), которые вверх по разрезу плавно снижаются и примерно с уровня обр. 3001/7 карсунская свита представлена преимущественно диамагнитными породами (до  $(-0.54) \cdot 10^{-5}$  ед. СИ). В разрезе Большевик, начиная с уровня обр. 3001/54,  $K$  повышается до положительных значений, а вышележащая часть разреза в составе верхов карсунской свиты и радищевской преимущественно парамагнитна (см. рис. 2).

Результаты ДТМА, к сожалению, в большинстве случаев оказались безинформативными (вероятно, полезный сигнал от носителя намагниченности сопоставим с предельной чувствительностью прибора ТАФ-2), но в единичных случаях на термомагнитных кривых удалось зафиксировать пик в районе точки Кюри магнетита  $578^\circ\text{C}$  (рис. 3, а). Результаты магнитного насыщения (см. рис. 3, б) во всех образцах фиксируют типичную для тонкодисперсного магнетита магнитомягкую фазу (насыщение происходит в полях до 100 мТл, остаточная коэрцитивная сила варьирует от 15 до 30 мТл) [Гужикова, Багаева, 2013]. Предположение о тонкодисперсном магнетите в роли главного носителя намагниченности подтверждается материалами микрозондового анализа (проведенного В.А. Цельмовичем на приборе ТЕСКАН-ВЕГА II), которые фиксируют наличие в разрезах магнетитовых сферул и чешуек железа, вероятно, космогенного происхождения (см. рис. 2) [Гужикова и др., 2016].

Палеомагнитные исследования проводились по стандартной методике [Молостовский, Храмов, 1997]. Минимум по два образца с каждого стратиграфического уровня (из каждого ориентированного штупа предварительно было выпилено по 4 об-



**Рис. 3. Результаты магнитоминералогического анализа:**

*a* — кривая дифференциального термомагнитного анализа (обр. 16); *б* — типичная кривая магнитного насыщения/разрушения ( $J_{rs}$  — остаточная намагниченность насыщения) (обр. 10а): 1 — кривая насыщения, 2 — кривая разрушения.

разца кубической формы размерами  $2 \times 2 \times 2$  см) были подвергнуты магнитным чисткам переменным полем на установке LDA-3 AF с последующими измерениями  $J_n$  на спин-магнитометре JR-6. Палеомагнитные измерения дублей образцов были проведены на криогенном магнитометре 2G-Enterprices в ИФЗ РАН (г. Москва), и результаты магнитных чисток после замеров  $J_n$  на спин- и СКВИД-магнитометре обнаружили хорошую сходимость при лучшем качестве диаграмм Зийдервельда, полученных на СКВИДе (рис. 4). Для компонентного анализа полученных данных использовалась программа Remasoft 3.0.

Несмотря на малые значения  $J_n$ , во многих образцах (в основном это наиболее сильномагнитные образцы из сенигилеевской свиты и низов карсунской свиты) удалось надежно выделить характеристические компоненты (**ChRM**) (рис. 5, *a*). **ChRM** закономерно группируются либо в северных румбах нижней полусферы, либо в южных румбах верхней (рис. 6, *a*), и интерпретируются при этом как соответствующие нормальной (*N*) или обратной (*R*) полярности геомагнитного поля. По *N*- и *R*-компонентам (см. рис. 6, *a*), а также по всем **ChRM**, приведенным к нормальной полярности (см. рис. 6, *б*), рассчитаны виртуальные геомагнитные полюсы (см. рис. 6, *в, г*).

Палеомагнитная кучность более чем в два раза выше в выборке, соответствующей *N*-полярности (см. рис. 6, *a, г*). Скорее всего, главным фактором большого разброса *R*-векторов является разная степень «загрязненности» **ChRM** вторичной компонентой, связанной с современным полем, и невозможность ее полного разрушения в ходе чисток. На палеомагнитной статистике по *N*-образцам этот же эффект практически не сказывается, потому что направления древнего геомагнитного поля прямой полярности и перемагничивания пород современным полем близки.

В слабомагнитной части карсунской свиты и радищевской свите качество диаграмм Зийдервельда в основном плохое (см. рис. 5, *б*). Тем не менее компоненты  $J_n$ , хотя и с большими разбросами, обособляются либо на верхней (рис. 7, *a*), либо на нижней полусфере (см. рис. 7, *б*), позволяя трактовать их как направления, обусловленные обратной и нормальной полярностью поля соответственно. Несмотря на аномально большие разбросы палеомагнитных векторов (усугубляемые, вероятно, как большими погрешностями при измерениях слабомагнитных образцов, так и неучтенными оползневыми явлениями в разрезе Коммунар), определения знака полярности по образцам закономерно группируются в разрезе, образуя крупные *N*- или *R*-магнитозоны (см. рис. 2). Часть образцов, по которым невозможно было даже предположительно судить о знаке полярности, пришлось отбраковать, но они спорадически рассеяны по разрезам и не сказываются на общем впечатлении о палеомагнитной структуре колонок (см. рис. 2).

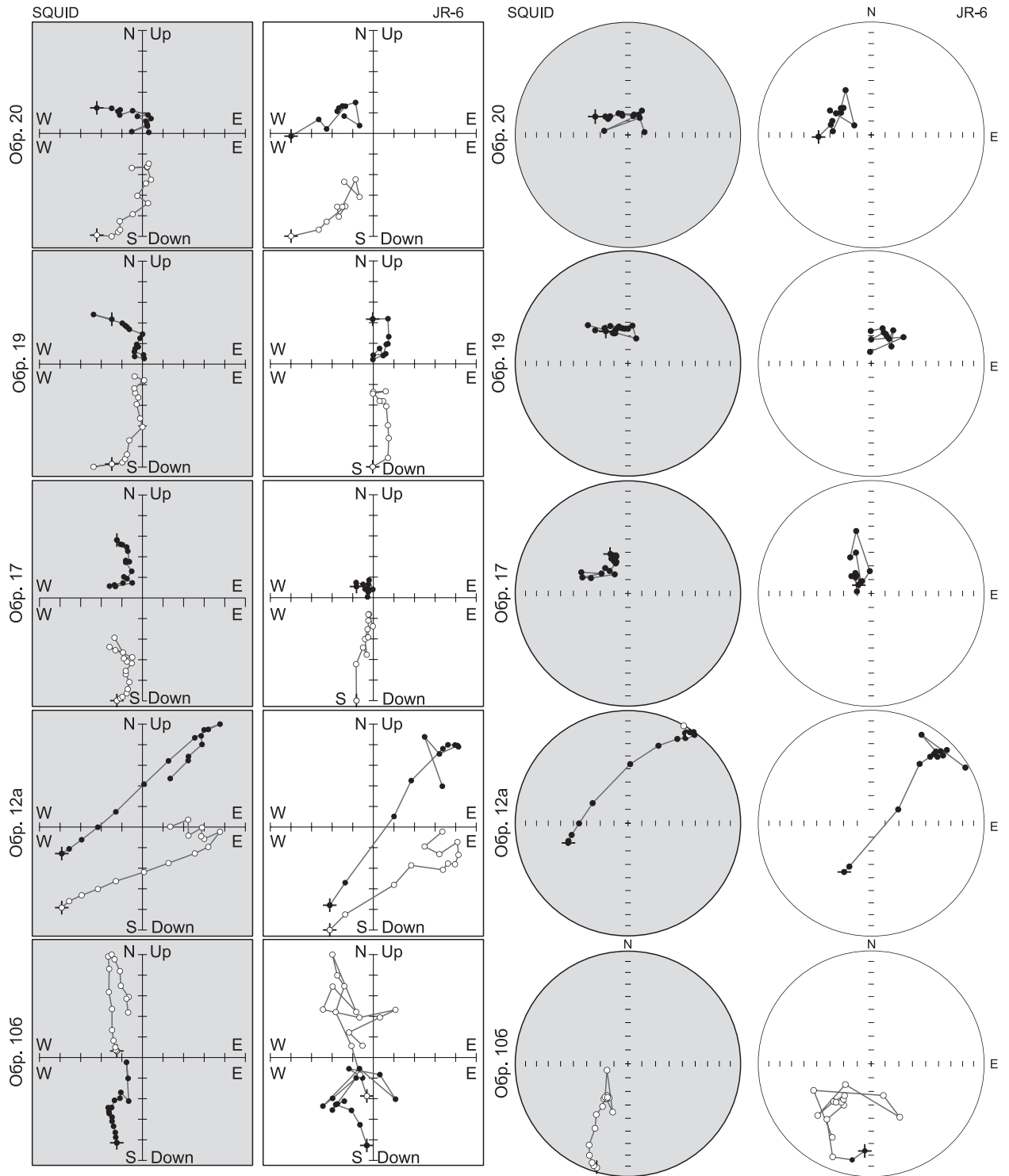
Сильными аргументами в пользу древней природы (первичности) **ChRM** является ряд признаков, используемых в практике магнитостратиграфических исследований [Гужиков, 2013б]:

1) наличие в разрезах разнополярных магнитозон и независимость знака полярности от литологического состава (см. рис. 2);

2) положительные результаты теста обращения [McFadden, McElhinny, 1990] (см. рис. 6, *г*);

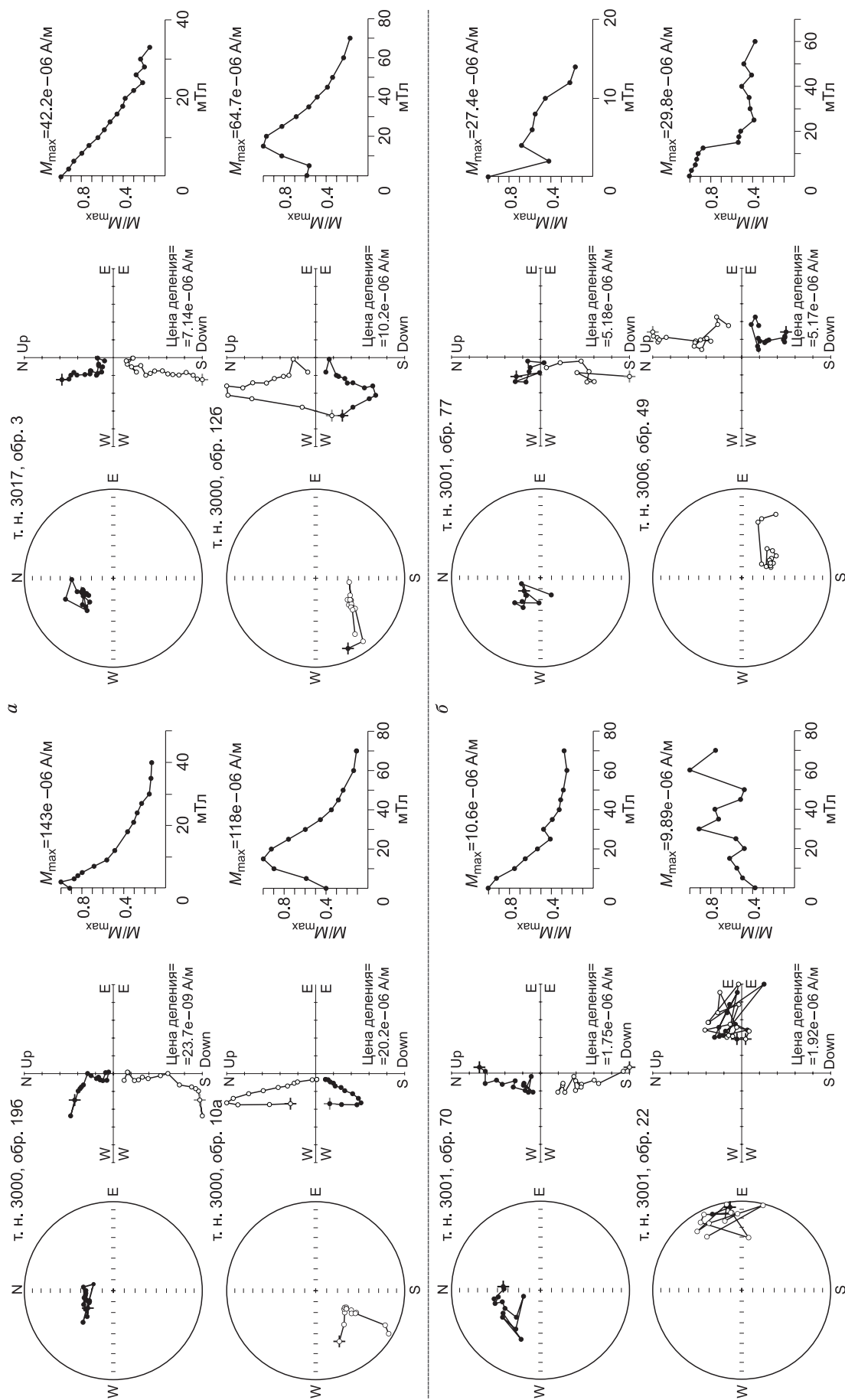
3) статистически значимое совпадение рассчитанных палеомагнитных полюсов с положениями стандартных полюсов [Besse, Courtillot, 2002] (см. рис. 6, *в, г*);

4) согласованность полученных магнитополярных данных по вольским разрезам между собой и с общепринятыми представлениями о палеомагнитной зональности верхнего мела (см. рис. 2), в том числе Западной Сибири [Гнибиденко, 2012].



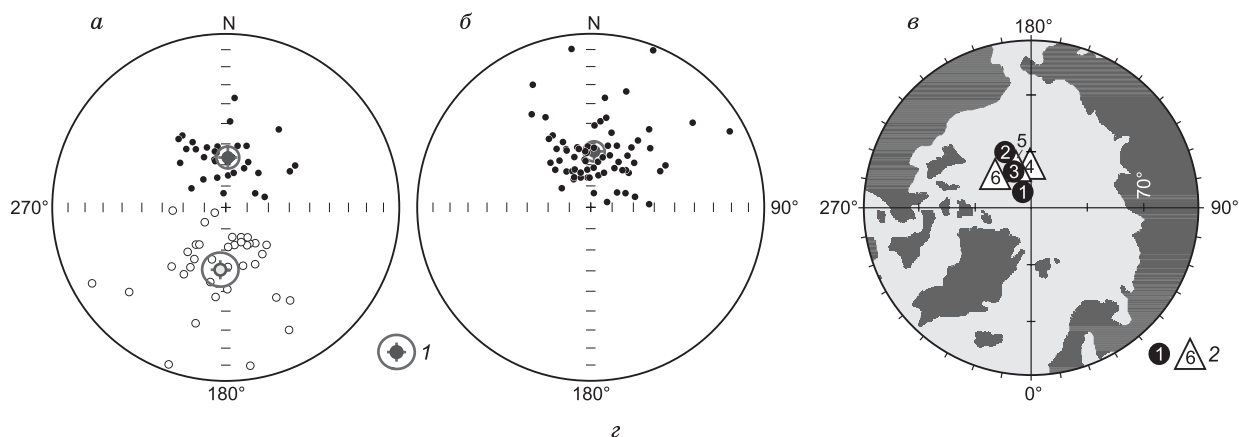
**Рис. 4. Сравнительные результаты компонентного анализа после измерений на JR-6 в СГУ (Саратов) и 2G-Enterprises (SQUID) в ИФЗ РАН (Москва).**

Слева направо: диаграммы Зейдервелда (географическая система координат), стереограммы изменения направления вектора остаточной намагниченности в процессе размагничивания переменным магнитным полем. На стереограммах залитые кружки — проекция на нижнюю полусферу, открытые — на верхнюю. Плоскости: залитый кружок — горизонтальная, открытый — вертикальная.



**Рис. 5. Результаты компонентного анализа:**

*а* — по нижним (до уровня обр. 3001/6 в Болышевке и до уровня обр. 3004/19 включительно в Коммунаре), наиболее сильномагнитным частям разрезом, *б* — по верхним, слабомагнитным частям разрезом. Слева направо: стереограммы изменения направления вектора остаточной намагниченности в процессе размагничивания переменным магнитным полем, диаграммы Зий-дервальда (географическая система координат), графики изменения величины намагниченности. Усл. обозн. см. на рис. 4.



Параметр	<i>n</i>	<i>D</i> <sub>ср.</sub>	<i>I</i> <sub>ср.</sub>	<i>k</i>	$\alpha_{95}$	Lat	Lon	<i>dp</i>	<i>dm</i>	<i>B</i> <sub>95</sub>	
1	<i>N</i>	36	1.3	66.5	21.9	5.2	86.9	211.6	8.6	7.0	7.8
2	<i>R</i>	36	185.4	-60.5	9.35	8.3	78.8	206.1	12.6	9.6	11.0
3	<i>N+R</i>	72	3.5	63.6	13.06	4.8	82.8	207.4	7.6	6.0	6.8
4	75.4 млн лет (осреднение 5 млн лет) [Besse, Courtillot, 2002]					81.3	188.6	—	—	—	
5	77.9 млн лет (осреднение 10 млн лет) [Besse, Courtillot, 2002]					81.4	206.1	—	—	—	
6	79.1 млн лет (осреднение 5 млн лет) [Besse, Courtillot, 2002]					81.0	232.5	—	—	—	

**Рис. 6.** Стереопроекции совокупностей ChRM (географическая система координат) (*a*, *б*), виртуальных геомагнитных полюсов (*в*) и статистические палеомагнитные параметры распределений ChRM (*г*) для сенгилеевской свиты и низов карсунской (до уровня обр. 3001/6 в Большевице и до уровня обр. 3004/19 включительно в Коммунаре).

*a* — ChRM, соответствующие прямой (*N*) и обратной (*R*) полярности; *б* — ChRM, нормализованные к прямой полярности. 1 — среднее палеомагнитное направление и круг доверия; 2 — положения палеомагнитных полюсов (номер полюса соответствует номеру строчки в части *г*). *г-n* — число образцов в выборке; *D*<sub>ср.</sub>, *I*<sub>ср.</sub> — среднее палеомагнитное склонение и наклонение (град.) соответственно; *k* — кучность;  $\alpha_{95}$  — радиус круга доверия вектора (град.); Lat, Lon, *dp*, *dm*, *B*<sub>95</sub> — широта (град), долгота (град.), полуси овала погрешности и радиус круга доверия (град.) соответственно для среднего виртуального геомагнитного полюса. Результаты теста обращения [McFadden, McElhinny, 1990] — угол между нормализованными векторами 4.4°, критический угол 10.1°, классификация С. Остальные усл. обозн. см. на рис. 4.

Палеомагнитная колонка разреза Большевик ранжирована на шесть магнитозон, исходя из правила, согласно которому каждая магнитозона должна быть охарактеризована образцами не менее, чем с трех стратиграфических уровней (см. рис. 2).

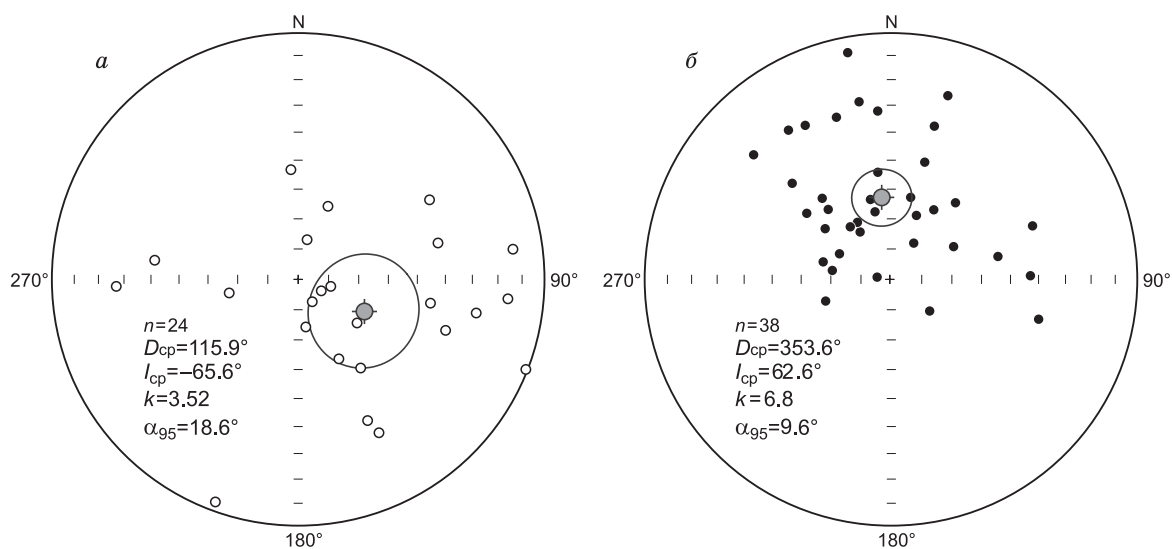
Нижняя зона *R1* мощностью 7.5 м охарактеризована образцами с 19 стратиграфических уровней и соответствует сенгилеевской свите, ее возраст надежно обоснован как кампанский. Безусловно, эта магнитозона является аналогом хрона 33г в шкале геомагнитной полярности (GPTS) [Ogg et al., 2012] (см. рис. 2).

Далее следуют зона *N1* (мощностью 5.5 м, выделенная по образцам с 25 уровней) и маломощные зоны *R2* (1.3 м), *N2* (1.6 м), каждая из которых обособлена по образцам с трех уровней. Магнитозоны *N1*, *R2* и *N2* характеризуют низы карсунской свиты и соответствуют пограничному интервалу кампан—маастрихт. Вероятно, их следует идентифицировать с хронами 32n2 и 32n1 (см. рис. 2).

Разрез наращивается 29-метровым интервалом карсунской свиты, в котором группируются в основном интервалы обратной полярности, образующие, несмотря на пропуски в палеомагнитной колонке, зону преимущественно обратной полярности *Rn*. Точно определить верхнюю границу магнитозоны на основании имеющихся данных невозможно, и поэтому ее мощность может составлять от 19.0 до 28.5 м. Из 38 (или 47) уровней, опробованных в пределах этой зоны, ChRM выделены только в девяти образцах и все они отвечают обратной полярности. Еще на 14 уровнях знак полярности определен предположительно (по тенденциям перемещения проекций *J<sub>n</sub>* в процессе магнитных чисток на стереограмме).

Выше расположена зона преимущественно прямой полярности *Nr*, охватывающая оставшуюся часть изученного разреза (верхи карсунской свиты и радищевскую). Ее видимая мощность, в зависимости от стратиграфического объема зоны *Rn*, может составлять от 24 до 34 м. По сравнению с предыдущей магнитозоной пропуски в определениях полярности здесь немного, а палеомагнитное качество





**Рис. 7. Стереопроекции  $J_n$  (географическая система координат), соответствующих обратной (R) (а) и прямой (N) (б) полярности по верхним слабомагнитным частям разрезов (выше уровня обр. 3001/6 в Большевики и выше уровня обр. 3004/19 в Коммунаре).**

Усл. обозн. см. на рис. 4, 6.

образцов несколько лучше. Из 23 (или 32) уровней, опробованных в пределах этой зоны, знак полярности определен по 22 (или 28) образцам.

Зоны Rn и Nг приурочены к маастрихтской части разреза, и, благодаря сравнительно простой палеомагнитной структуре маастрихтского яруса, их сопоставление с хронами GPTS не вызывает затруднений. Rn соответствует хрону 31г, а Nг — совокупности хронов 31н—30н (см. рис. 2).

Магнитополярная характеристика разреза Коммунар непрерывна в кампанской части (сенгилеевская свита и подошва карсунской свиты), но фрагментарна в маастрихтском интервале как за счет пропусков в обнаженности, так и за счет невозможности получения палеомагнитных определений по ряду слабомагнитных образцов. Сенгилеевской свите соответствует исключительно обратная, а низам карсунской свиты — прямая полярность, для остальной части разреза типична зона преимущественно обратной полярности (см. рис. 2). Таким образом, в палеомагнитной колонке Коммунара уверенно выделяются аналоги магнитозон R1, N1 и Rn.

Нижняя R-зона, совпадающая в разрезе с сенгилеевской свитой, имеет мощность 9 м и охарактеризована образцами с 20 уровней. N-зона в подошве карсунской свиты имеет видимую мощность 1.5 м и обоснована образцами с четырех уровней. Наиболее мощная (не менее 39 м) Rг зона базируется на определениях по 50 образцам, 41 из которых фиксируют обратную полярность.

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

1. Выявление в пограничном интервале кампан—маастрихт г. Вольск аналогов известных магнитных хронов (32n2 и 32n1) в совокупности с палеонтологическими данными позволяет максимально точно проследить уровень подошвы маастрихта от GSSP [Ogg, Lamy, 2001] яруса Терсис во Франции до Поволжья. Био- и магнитостратиграфическое сопоставление изученных разрезов с GSSP маастрихта показывает, что уровень, соответствующий подошве маастрихта в Терсисе, расположен на Русской плите внутри зоны LC19, вероятно, ближе к ее основанию [Гужиков и др., 2014] (см. рис. 2).

2. Сопоставление полученных палеомагнитных данных по разрезам Большевик и Коммунар с GPTS [Ogg et al., 2012] с учетом имеющихся биостратиграфических материалов позволяет оценить длительность перерыва в осадконакоплении на границе сенгилеевской и карсунской свит не менее чем в 6.5 млн лет (см. рис. 2).

3. Путем деления мощности магнитозоны на длительность соответствующего ей магнитополярного хрона можно оценить скорости формирования отложений. Мергели из низов карсунской свиты в карьере Большевик, охваченных зонами R2 — аналогом хрона 32N1г и N2 — аналогом 32N1н (см. рис. 2), согласно подобным расчетам, характеризуются минимальными скоростями осадконакопления ~5 и ~7 мм/тыс. лет соответственно.

4. Как отмечалось выше, основание радищевской свиты фактически определяется по бентосным фораминиферам, маркирующим подошву верхнемаастрихтского подъяруса на Русской плите [Стратиграфическая схема ..., 2004]. Однако подобное обоснование свитной границы в известной мере противоречит Стратиграфическому кодексу России [2006, с. 28], согласно статье V.1 которого «Местные стратиграфические подразделения — это совокупности горных пород, выделяемые в местном разрезе на основании комплекса признаков при преимущественном учете фациально-литологических или петрографических особенностей, ясно отграниченные от смежных подразделений как по разрезу, так и по площади, опознаваемые на местности (также и в скважинах) и картируемые».

Для того чтобы не отказываться от выделения радищевской свиты (сопоставимой по стратиграфическому объему с подъярусом), предлагается в качестве критерия для опознания ее подошвы в конкретных разрезах использовать смену диамагнитных пород на преимущественно парамагнитные. Сведения о магнитной восприимчивости могут быть оперативно получены с помощью портативных приборов КТ-10 непосредственно в полевых условиях или кернохранилище. Вариации петромагнитных параметров отражают изменения в породах структурно-текстурных особенностей пара- и ферромагнитных фракций и, по сути, являются частной разновидностью литостратиграфических подразделений. Целесообразность привлечения уровней резкого изменения магнитных свойств, наряду с литолого-седиментологическими и другими признаками, для обоснования границ местных стратиграфических подразделений неоднократно обосновывалась ранее [Гужиков, 2013а; и др.]. С этой точки зрения подошва радищевской свиты в карьере Большевик должна совпадать со сменой преимущественно диамагнитных пород ( $K$  которых  $\leq 0$ ) парамагнитной толщей ( $K$  в основном  $> 0$ ) (см. рис. 2). Используя петромагнитный признак в качестве характеристики свит, легко убедиться, что в разрезе Коммунар радищевской свиты нет (верхняя часть разреза представлена преимущественно диамагнитными породами и смены их на парамагнитные, как в Большевики, не происходит) (см. рис. 2).

5. По аномально высокой намагниченности в верхах маастрихта разреза Большевик на уровне обр. 3001/67 выявлена повышенная концентрация космогенного вещества, что подтверждено микрозондовыми исследованиями (см. рис. 2) [Гужикова и др., 2016].

Результаты исследований образцов с пяти уровней (с каждого уровня было подготовлено несколько проб объемом  $1 \text{ см}^3$ ) на микроанализаторе ТЕСКАН-ВЕГА II показали, что во всех пробах присутствуют частицы чистого железа, никеля и магнетитовые шарики размерностью от 3 до 10 мкм (см. рис. 2). Но в пробах из горизонтов, соответствующего обр. 3001-67, подобных частиц оказалось в 3—6 раз больше, чем в пробах с других уровней (30—50 против 8—12).

Совпадение петромагнитной аномалии с повышенной концентрацией космогенного вещества вряд ли можно считать случайностью, и высокие значения  $J_n$ , скорее всего, объясняются способностью космогенных частиц наилучшим образом ориентироваться по магнитному полю. Концентрация космогенного вещества слишком мала, чтобы заметно сказаться на величине  $K$ , но достаточна для того, чтобы кардинально увеличить магнитный момент осадка [Гужикова и др., 2016].

Уровень с повышенной концентрацией вещества предположительно космогенной природы, возможно, является латерально устойчивым, поскольку ранее, по данным ДТМА и микрозондовых исследований, аналогичные частицы были выявлены в кровле маастрихта в других разрезах Саратовского Правобережья: села Ключи и Тепловка Новобурасского района [Molostovsky et al., 2006].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №16-35-00219-мол\_а, №16-35-00339-мол\_а) и Минобрнауки России в рамках госзадания в сфере научной деятельности (задание № 1757).

## ЛИТЕРАТУРА

Гнибиденко З.Н., Лебедева Н.К., Шурыгин Б.Н. Палеомагнетизм меловых отложений юга Западно-Сибирской плиты (по результатам изучения керна скв. 8) // Геология и геофизика, 2012, т. 53 (9), с. 1169—1181.

Гужиков А.Ю. Геологическая информативность магнетизма керна и шлама осадочных пород, полученных при бурении разведочных скважин // Приборы и системы разведочной геофизики, 2013а, т. 4, № 46, с. 51—61.

Гужиков А.Ю. О решении «неразрешимых» стратиграфических задач (комментарии к статье В.Ю. Брагина, О.С. Дзюба, А.Ю. Казанского и Б.Н. Шурыгина «Новые данные по магнитостратиграфии пограничного юрско-мелового интервала п-ова Нордвик (север Восточной Сибири)») // Геология и геофизика, 2013б, т. 54 (3), с. 456—462.

Гужиков А.Ю., Беньямовский В.Н., Барабошкин Е.Ю., Гужикова А.А., Калякин Е.А., Копачев Л.Ф., Первушов Е.М., Сельцер В.Б., Яковишина Е.В. К вопросу о нижней границе маастрихта в Саратовском Поволжье // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и

палеогеографии / Под ред. Е.Ю. Барабошкина, В.С. Маркевич, Е.В. Бугдаевой, М.А. Афолина, М.В. Черпановой. Владивосток, Дальнаука, 2014, с. 103—106.

**Гужикова А.А., Багаева М.И.** Новые магнитостратиграфические данные по кампану Саратовского Правобережья // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент. Материалы международной школы-семинара «Проблемы палеомагнетизма и магнетизма горных пород» / Ред. В.П. Щербаков. Казань, Изд-во Казан. ун-та, 2013, с. 71—76.

**Гужикова А.А., Цельмович В.А., Аткин В.С.** Петромагнитные индикаторы уровней, обогащенных космогенным веществом, в маастрихте Поволжья и Прикаспия // Изв. Саратов. ун-та. Новая серия. Сер. Науки о Земле, 2016, т. 16 (1), с. 19—24.

**Молостовский Э.А., Храмов А.Н.** Магнитостратиграфия и ее значение в геологии. Саратов, Изд-во Саратов. ун-та, 1997, 180 с.

**Олферьев А.Г., Беньямовский В.Н., Иванов А.В., Овечкина М.И., Сельцер В.Б., Харитонов В.М.** Верхнемеловые отложения севера Саратовской области. Статья 1. Разрез карьера «Большевик» в окрестностях Вольска // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2009а, т. 84, № 2, с. 5—22.

**Олферьев А.Г., Беньямовский В.Н., Иванов А.В., Овечкина М.И., Сельцер В.Б., Харитонов В.М.** Верхнемеловые отложения севера Саратовской области. Статья 2. Биостратиграфическое расчленение разреза карьера «Большевик» в окрестностях Вольска // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2009б, т. 84, № 4, с. 29—46.

**Олферьев А.Г., Сельцер В.Б., Алексеев А.С., Амон Э.О., Беньямовский В.Н., Иванов А.В., Овечкина М.Н., Харитонов В.М.** Верхнемеловые отложения севера Саратовской области. Статья 3. Биостратиграфическое расчленение разреза карьера «Красный октябрь» на южной окраине Вольска // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2014, т. 89, № 6, с. 45—76.

**Стратиграфическая** схема верхнемеловых отложений Восточно-Европейской платформы / Ред. А.И. Жамойда. СПб., Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2004, 10 л.

**Стратиграфический** кодекс России. 3-е изд., СПб., ВСЕГЕИ, 2006, 95 с.

**Besse J., Courtillot V.** Apparent and true polar wander and the geometry of the geomagnetic field over the last 200 Myr // J. Geophys. Res., 2002, v. 107, № 11, p. 1—31.

**McFadden P.L., McElhinny M.W.** Classification of the reversal test in palaeomagnetism // Geophys. J. Int., 1990, v. 103, p. 725—729.

**Molostovsky E.A., Fomin V.A., Pechersky D.M.** Sedimentogenesis in Maastrichtian-Danian basins of the Russian Plate and adjacent areas in the context of plume geodynamics // Russ. J. Earth Sci., 2006, v. 8, p. 1—13.

**Odin G.S., Lamaurelle M.A.** The global Campanian-Maastrichtian Stage boundary // Episodes, 2001, v. 24, № 4, p. 229—238.

**Ogg J.G., Hinnov L.A., Huang C.** Cretaceous // The Geologic Time Scale 2012 / Eds. F. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz, G.M. Ogg. Elsevier, 2012, p. 793—853.

*Рекомендована к печати 1 сентября 2016 г.  
А.Э. Конторовичем*

*Поступила в редакцию  
22 августа 2016 г.*